

D 922	ARISTO-Rechenstab für Temperaturstrahlung Nr. 922 Gebrauchsanleitung	Ausgabe 1168
<p data-bbox="330 338 1317 499">Der ARISTO-Rechenstab für Temperaturstrahlung stellt ein wertvolles Hilfsmittel zur Integration des Planckschen Strahlungsgesetzes dar und ermöglicht auf einfache Weise die Berechnung der Energieverteilung in der schwarzen Strahlung.</p> <p data-bbox="330 566 1210 851">Bezeichnungen: h Plancksches Wirkungsquantum c Lichtgeschwindigkeit λ Wellenlänge k Boltzmann-Konstante T absolute Temperatur</p> <p data-bbox="330 948 564 979"><u>I. Einführung</u></p> <p data-bbox="330 1010 1430 1075">Der Gebrauchsanleitung sei eine kurze Betrachtung der physikalischen Grundlagen des Wärmestrahlungsproblems vorangestellt.</p> <p data-bbox="330 1108 528 1136">In der Form</p> $(1) \quad E(\lambda, T) = 2hc^2 \int_0^\lambda \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda$ <p data-bbox="330 1280 1448 1411">gibt das Plancksche Strahlungsgesetz den auf das Intervall ${}_2(0, \lambda)$ entfallenden Betrag der Strahlungsenergie an, die von 1 cm^2 des schwarzen Strahlers in die Einheit des Raumwinkels ausgesandt wird.</p> <p data-bbox="330 1433 1262 1488">Mit Hilfe der Substitution $z = \frac{hc}{\lambda kT}$ geht (1) über in</p> $(2) \quad E(z) = \frac{2k^4 T^4}{h^3 c^2} \int_z^\infty \frac{z^3}{e^z - 1} dz$ <p data-bbox="330 1632 1448 1734">Die Gesamtenergie der von 1 cm^2 des schwarzen Strahlers in die Einheit des Raumwinkels ausgehenden Strahlung erhält man aus (2) durch Ausdehnung des Integrationsintervalles:</p> $(3) \quad E = \frac{2k^4 T^4}{h^3 c^2} \int_0^\infty \frac{z^3}{e^z - 1} dz = \frac{2k^4 \pi^4}{15h^3 c^2} T^4$		
Besteht aus 4 Seiten	ARISTO-WERKE · DENNERT & PAPE KG · HAMBURG	Seite 1

D 922	ARISTO-Rechenstab für Temperaturstrahlung Nr. 922 Gebrauchsanleitung	Ausgabe 1168
<p data-bbox="318 327 1350 460">Aus (3) ergibt sich durch Multiplikation mit π (dabei ist der Lambertsche cos-Faktor berücksichtigt) die in den Halbraum in einer Sekunde von 1 cm^2 des Strahlers ausgehende Energie:</p> $(4) \quad E = \frac{2 k^4 \pi^5}{15 h^3 c^2} T^4 = \sigma T^4 \text{ (Stefan-Boltzmannsches Gesetz)}$ <p data-bbox="318 614 1451 687">Das Maximum der Strahlungsenergie liegt bei einer Wellenlänge λ, die dem Wienschen Verschiebungsgesetz</p> $(5) \quad \lambda_{\max} T = \text{const.}$ <p data-bbox="318 849 440 880">genügt.</p>		
Besteht aus 4 Seiten	ARISTO-WERKE · DENNERT & PAPE KG · HAMBURG	Seite 2

II. Die Skalen

Die obere, mit T bezeichnete, Zungenskala enthält absolute Temperaturen von 10 bis 10^5 Kelvingrade.

Auf der mittleren Zungenskala sind die Werte von 10^{-7} bis 10^{+8} Watt/cm² aufgetragen. Zwischen ihr und der oberen Zungenskala besteht die Beziehung

$$E = \frac{\sigma}{\pi} T^4$$

so daß der auf die Emission von 1 cm² pro Sekunde in die Einheit des Raumwinkels entfallende Anteil der gesamten Energie des Spektrums direkt unter den T-Werten der oberen Zungenskala abgelesen werden kann.

Die Zungenskala enthält Wellenlängen λ von $0,1\mu$ bis 1000μ . Sie ist eine zur Temperatur-Skala reziproke und um den Faktor 10^4 versetzte Skala. Ihr entnimmt man bei der Marke \blacktriangle die Wellenlänge λ_{\max} , bei der die Strahlungsenergie ihren größten Wert hat. Für die Werte der oberen und unteren Zungenskala, die durch Marken angezeigt werden, gilt das Wiensche Verschiebungsgesetz. Die unterste Körperskala gibt auf die Gesamtenergie (= 100 %) bezogene Prozentwerte für:

$$E = \frac{\sigma}{\pi} T^4 \int_z^\infty \frac{15}{\pi^4} \cdot \frac{z^3}{e^z - 1} dz = Q \cdot W(z) \quad (Q = \frac{\sigma}{\pi} T^4)$$

III. Anwendung

Um nun die Anwendung des Rechenstabes kennenzulernen, wählen wir uns ein übersichtliches Beispiel:

Man kann die Sonne angenähert als schwarzen Strahler betrachten. Ihre Temperatur beträgt etwa 5700°K .

(a) Wie groß ist die Intensität der Gesamtstrahlung

$$E = \frac{\sigma}{\pi} T^4 \quad \text{in die Einheit des Raumwinkels?}$$

(b) Bei welcher Wellenlänge liegt die Stelle maximaler Intensität?

(c) Wieviel Prozent der Intensität liegen im sichtbaren Gebiet ($0,41 - 0,72\mu$) ?

Man stellt den Läuferstrich auf den Pfeil der oberen Körperleiste mit der Bezeichnung "Einstellung" und zieht die Zunge des Rechenstabes soweit nach rechts heraus, bis die Temperatur 5700° K der oberen Skala (T) sich unter der Einstellmarke R des Stabkörpers befindet. Dann hat man nur noch abzulesen:

- (a) Auf der mittleren Zungenskala, direkt unter der eingestellten Temperatur, die Intensität der Gesamtstrahlung in die Einheit des Raumwinkels $E \approx 1900 \text{ Watt/cm}^2$.
- (b) Auf der unteren Zungenskala (λ) über dem Ablesepfeil "Max." des Stabkörpers: Die Wellenlänge des Intensitätsmaximums $\lambda = 0,51\mu$.
- (c) In der Prozentskala für Wellenlängen unterhalb von

$$\mu = 0,72 \text{ für } W (0 < \lambda < 0,72) = 50 \%$$

$$\mu = 0,41 \text{ für } W (0 < \lambda < 0,41) = 13 \%$$

Denn die beiden unteren Skalen zeigen zusammen an, wie sich die Gesamtstrahlung auf das Spektrum bei einer bestimmten Temperatur verteilt.

Die Intensität im sichtbaren Gebiet beträgt also

$$W (0,41\mu < \lambda < 0,72\mu) = 37 \%$$

Es wird dem Benutzer des Rechenstabes nicht schwer fallen, anhand dieses einen Beispiels auch umgekehrt z. B. aus der gemessenen Wellenlänge eines Intensitätsmaximum die zugehörige Strahlungstemperatur zu berechnen.